



#3
5.24.2

PATENT APPLICATION
IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Masamoto TAGO, et al.

Appln. No.: 10/043,225

Group Art Unit: 2812

Confirmation No.: 4956

Examiner: Not assigned

Filed: January 14, 2002

For: SEMICONDUCTOR DEVICE, MANUFACTURING METHOD AND APPARATUS
FOR THE SAME

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENTS

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

Submitted herewith are certified copies of the priority documents on which claims to priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to acknowledge receipt of said priority documents.

Respectfully submitted,

J. Frank Osha
Registration No. 24,625

SUGHRUE MION, PLLC
2100 Pennsylvania Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20037-3213
Telephone: (202) 293-7060
Facsimile: (202) 293-7860

Enclosures: Japan 2001-005977
Japan 2001-170787

Date: March 6, 2002

RECEIVED
MAR - 7 2002
TC 2800 MAIL ROOM



日本特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

M. TAGO et al.
10/043,225
Filed 11/14/02
467964 1/2

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2001年 1月15日

出願番号

Application Number:

特願2001-005977

出願人

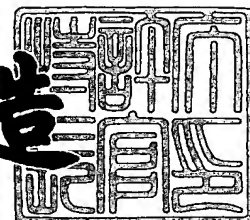
Applicant(s):

日本電気株式会社

2001年11月30日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



RECEIVED
MAR-7 2002

出証番号 出証特2001-3104889

【書類名】 特許願

【整理番号】 35600061

【提出日】 平成13年 1月15日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/60
H01L 21/321

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

【氏名】 田子 雅基

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

【氏名】 西山 知宏

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

【氏名】 田尾 哲也

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

【氏名】 三ヶ木 郁

【特許出願人】

【識別番号】 000004237

【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

【識別番号】 100114672

【弁理士】

【氏名又は名称】 宮本 恵司

【電話番号】 042-730-6520

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 093404

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0004232

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置及びその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

少なくとも、配線層上に形成された密着層及び第 1 の金属を含む接着層上に、合金ハンダからなるハンダバンプを有する半導体装置において、

前記ハンダバンプと前記接着層との間に、前記接着層上に一旦配設され、前記ハンダバンプの形成に際して前記合金ハンダ内に溶解される金属層を構成する第 2 の金属と前記合金ハンダの主となる金属とを含む金属間化合物が形成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】

少なくとも、配線層上に形成された密着層及び第 1 の金属を含む接着層上に、合金ハンダからなるハンダバンプを有する半導体装置において、

前記ハンダバンプと前記接着層との間に、前記接着層上に一旦配設され、前記ハンダバンプの形成に際して前記合金ハンダ内に溶解される金属層を構成する第 2 の金属と前記合金ハンダの主となる金属との金属間化合物と、前記接着層に含まれる前記第 1 の金属と前記合金ハンダの主となる金属との金属間化合物とが複合された合金層が形成されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 3】

前記合金ハンダの主となる金属が錫であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の半導体装置。

【請求項 4】

前記合金ハンダの前記錫に次いで主たる成分が銀であることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体装置。

【請求項 5】

前記合金ハンダに、銅が添加されていることを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の半導体装置。

【請求項 6】

前記金属層を構成する前記第 2 の金属が、銅、又は、前記第 1 の金属と異なる

金属であり、かつ錫と金属間化合物を形成する金属からなることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかーに記載の半導体装置。

【請求項 7】

前記接着層に含まれる前記第 1 の金属がニッケルを含むことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれかーに記載の半導体装置。

【請求項 8】

前記接着層がニッケルとバナジウムの合金を含むことを特徴とする請求項 7 記載の半導体装置。

【請求項 9】

前記密着層が、チタン又はチタンとタングステンとの合金を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれかーに記載の半導体装置。

【請求項 1 0】

配線層上に、少なくとも、密着層及び第 1 の金属を含む接着層を介して合金ハンダからなるハンダバンプを形成する半導体装置の製造方法において、

前記接着層上に第 2 の金属からなる金属層を形成し、前記ハンダバンプを形成するに際し、前記金属層の全てを前記合金ハンダに一旦溶融した後、冷却することにより、前記第 2 の金属と前記合金ハンダの主となる金属とを含む金属間化合物を、前記接着層と前記ハンダバンプとの界面に析出させることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 1 1】

配線層上に該配線層と密着を保持させる密着層を形成する工程と、合金ハンダと反応し、界面に第 1 の金属間化合物を形成する第 1 の金属を含む接着層を形成する工程と、前記合金ハンダと反応し、第 2 の金属間化合物を形成する第 2 の金属からなる金属層を形成する工程と、前記合金ハンダを供給する工程と、前記合金ハンダを一旦溶融した後、冷却することにより、前記第 1 の金属間化合物および前記第 2 の金属間化合物が複合された合金層を、前記接着層と前記合金ハンダとの界面に形成する工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 1 2】

前記金属層上に、更に金からなる酸化防止膜が薄く形成されていることを特徴

とする請求項 1 0 又は 1 1 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 3】

配線層上に該配線層と密着を保持させる密着層を形成する工程と、合金ハンダと反応し、界面に第 1 の金属間化合物を形成する第 1 の金属を含む接着層を形成する工程と、前記合金ハンダと反応し、第 2 の金属間化合物を形成する第 2 の金属からなる金属層を形成する工程と、前記金属層上に錫からなる薄膜を形成し、前記第 2 の金属と前記錫との合金層を予め形成する工程と、前記合金ハンダを供給する工程とを含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 1 4】

前記接着層が、スパッタリングにより形成したニッケルとバナジウムの合金薄膜を含むことを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 3 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 5】

前記接着層が、無電解メッキにより形成したニッケル合金層を含むことを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 3 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 6】

前記接着層が、電解メッキにより形成したニッケル合金層を含むことを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 3 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 7】

前記金属層が、スパッタリングにより形成した銅薄膜を含むことを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 6 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 8】

前記金属層が、無電解メッキにより形成した銅薄膜を含むことを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 6 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 1 9】

前記金属層が、電解メッキにより形成した銅薄膜を含むことを特徴とする請求項 1 0 乃至 1 6 のいずれかに記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 2 0】

前記金属層の膜厚が、前記合金ハンダの溶融に際して全てが該合金ハンダ内に

溶解し、前記合金ハンダの冷却に際して少なくとも一部が該合金ハンダから析出する量となるように設定されていることを特徴とする請求項 1 7 乃至 1 9 のいずれか一に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 2 1】

前記合金ハンダを、所定量に成形されたボールもしくはペレットにより供給することを特徴とする請求項 1 0 乃至 2 0 のいずれか一に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 2 2】

前記合金ハンダを、ハンダペーストにより供給することを特徴とする請求 1 0 乃至 2 0 のいずれか一に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 2 3】

前記合金ハンダの主となる金属が錫であることを特徴とする請求項 1 0 乃至 2 2 のいずれか一に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 2 4】

前記合金ハンダの前記錫に次いで主たる成分が銀であることを特徴とする請求項 2 3 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 2 5】

前記合金ハンダに、銅が添加されていることを特徴とする請求項 2 3 又は 2 4 に記載の半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体装置及びその製造方法に関し、特に、鉛フリーハンダバンプで接合された電極構造を有する半導体装置及びその製造方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

半導体装置の高機能、高密度化に伴い、多ピン化した半導体チップをハンダバンプでパッケージ用基板に接合する半導体パッケージや、ボール・グリッド・アレイ（BGA）型の外部端子を有する半導体パッケージが増加してきた。この種

の半導体チップの電極では、組立時の熱履歴や、半導体パッケージの実装時にかかる熱履歴、また使用環境下における高温状態や温度変化により、接合部界面は金属間の反応によってその構成が変化し、信頼性上の不具合を発生することがあり、これらの問題に対し、信頼性を保つことが可能な金属組成となるように各材料を選択することが重要な要素の一つとなる。

【0003】

この目的のために、通常は錫および鉛により構成されたハンダをバンプとして使用する場合、図5に示すように、接着層5にニッケルや銅を使用し、その膜厚を5 μ m以上に厚く形成した層を介して接合する。そして、ニッケル層を介した場合、ハンダ中の錫とニッケルが反応して金属間化合物層11を形成して接合される。また、銅層を介して接合する場合、界面は錫と銅の金属間化合物層11を形成して接合される。

【0004】

銅と錫との反応性はニッケルと錫の場合より高いが、どちらの場合においても接合時の熔融状態において、また接合後の温度環境下においても拡散反応は進み、ハンダを構成する錫が接着層5であるニッケルや銅層を侵食していき、その結果、接合界面では錫が消費されて鉛の濃度が高い部分が形成されたり、錫の拡散によるカーケンダルボイドなどが発生し、強度低下を招くという問題がある。この問題を解消するために、現在では、銅やニッケル層を厚く形成する方法、もしくは、ハンダ中の錫を減量した鉛リッチな高融点ハンダを使用している。

【0005】

しかしながら、近年、環境問題から鉛フリーハンダを使用する動きがあり、錫を主成分としたハンダを使用する必要性が生じている。この錫を主成分としたハンダでは、銅やニッケル層を接着層5として使用した場合、上述の課題が顕著になり、信頼性上の問題がある。

【0006】

一般に、これらの問題を解決するために、主成分である錫にハンダぬれ性や機械的特性の観点から銀、ビスマス、アンチモン、亜鉛などを添加したハンダや、また、これらに銅、ニッケルなどからなる接着層5の溶食、拡散を防止するため

の元素を添加した多元系合金のハンダを使用している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、多元系のハンダは、その供給形態がハンダペーストやハンダボールを電極毎に供給するものであるため、電極各々の組成について微量な添加元素の均一性を保つことが困難であり、微量な添加元素の均一性を保とうとすると製造コストを引き上げることになる。

【0008】

また、溶食や拡散防止用の添加元素の効果は、主成分である錫に予め添加元素を固溶させておき、接合時にハンダ中への接着層5の溶解、また固溶を最小限にとどめるというものであるが、接合温度によって接着層5が固溶する総量は変化し、安定して接合するためには温度を高くする必要がある、通常は過剰に固溶してしまう。この接着層5が過剰に固溶する現象を防ぐためには添加元素を多く含有しなければならないが、結果として融点が高くなり、製造時に耐熱性を考慮しなければならない等、製品設計上大きな問題となる。

【0009】

本発明の主な目的は、微量な元素を多数添加した多元系の金属組成によって構成されたハンダを使用することなく、従来使用している2元又は3元のハンダを使用した場合であっても、接合部の界面反応を制御することができる信頼性の高い半導体チップの電極構造を提供することにある。

【0010】

また、本発明の他の目的は、上述の電極構造を有する信頼性の高い半導体装置及びその製造方法を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明は、少なくとも、配線層上に形成された密着層及び第1の金属を含む接着層上に、合金ハンダからなるハンダバンプを有する半導体装置において、前記ハンダバンプと前記接着層との間に、前記接着層上に一旦配設され、前記ハンダバンプの形成に際して前記合金ハンダ内に溶解される

金属層を構成する第 2 の金属と前記合金ハンダの主となる金属とを含む金属間化合物が形成されているものである。

【 0 0 1 2 】

また、本発明は、少なくとも、配線層上に形成された密着層及び第 1 の金属を含む接着層上に、合金ハンダからなるハンダバンプを有する半導体装置において、前記ハンダバンプと前記接着層との間に、前記接着層上に一旦配設され、前記ハンダバンプの形成に際して前記合金ハンダ内に溶解される金属層を構成する第 2 の金属と前記合金ハンダの主となる金属との金属間化合物と、前記接着層に含まれる前記第 1 の金属と前記合金ハンダの主となる金属との金属間化合物とが複合された合金層が形成されているものである。

【 0 0 1 3 】

本発明においては、前記合金ハンダの主となる金属が錫であり、また、前記錫に次いで主たる成分が銀であり、また、前記合金ハンダに、銅が添加されている構成とすることができる。

【 0 0 1 4 】

また、本発明においては、前記金属層を構成する前記第 2 の金属が、銅、又は、前記第 1 の金属と異なる金属であり、かつ錫と金属間化合物を形成する金属からなることが好ましい。

【 0 0 1 5 】

また、本発明においては、前記接着層に含まれる前記第 1 の金属がニッケルを含み、前記接着層がニッケルとバナジウムの合金を含むことが好ましい。

【 0 0 1 6 】

本発明の製造方法は、配線層上に、少なくとも、密着層及び第 1 の金属を含む接着層を介して合金ハンダからなるハンダバンプを形成する半導体装置の製造方法において、前記接着層上に第 2 の金属からなる金属層を形成し、前記ハンダバンプを形成するに際し、前記金属層の全てを前記合金ハンダに一旦溶融した後、冷却することにより、前記第 2 の金属と前記合金ハンダの主となる金属とを含む金属間化合物を、前記接着層と前記ハンダバンプとの界面に析出させるものである。

【0017】

また、本発明の製造方法は、配線層上に該配線層と密着を保持させる密着層を形成する工程と、合金ハンダと反応し、界面に第1の金属間化合物を形成する第1の金属を含む接着層を形成する工程と、前記合金ハンダと反応し、第2の金属間化合物を形成する第2の金属からなる金属層を形成する工程と、前記合金ハンダを供給する工程と、前記合金ハンダを一旦熔融した後、冷却することにより、前記第1の金属間化合物および前記第2の金属間化合物が複合された合金層を、前記接着層と前記合金ハンダとの界面に形成する工程とを含むものである。

【0018】

また、本発明の製造方法は、配線層上に該配線層と密着を保持させる密着層を形成する工程と、合金ハンダと反応し、界面に第1の金属間化合物を形成する第1の金属を含む接着層を形成する工程と、前記合金ハンダと反応し、第2の金属間化合物を形成する第2の金属からなる金属層を形成する工程と、前記金属層上に錫からなる薄膜を形成し、前記第2の金属と前記錫との合金層を予め形成する工程と、前記合金ハンダを供給する工程とを含むものである。

【0019】

本発明においては、前記接着層が、スパッタリングにより形成したニッケルとバナジウムの合金薄膜、無電解メッキにより形成したニッケル合金層、又は、電解メッキにより形成したニッケル合金層を含むことが好ましい。

【0020】

また、本発明においては、前記金属層が、スパッタリングにより形成した銅薄膜、無電解メッキにより形成した銅薄膜、又は、電解メッキにより形成した銅薄膜を含むことが好ましい。

【0021】

また、本発明においては、前記金属層の膜厚が、前記合金ハンダの熔融に際して全てが該合金ハンダ内に溶解し、前記合金ハンダの冷却に際して少なくとも一部が該合金ハンダから析出する量となるように設定されていることが好ましい。

【0022】

また、本発明においては、前記合金ハンダを、所定量に成形されたボールもし

くはペレットにより、又は、ハンダペーストにより供給する構成とすることができる。

【 0 0 2 3 】

上述した半導体チップの電極構造は、接着層 5 上に錫系多元合金ハンダを供給し、加熱溶融によって、接着層とバンプの界面に錫と接着層により形成された単一の金属間化合物層が形成されているという従来の構成に対し、錫の溶解、拡散を防止するためのハンダ合金化層 8 を薄く形成し、錫系 2 元又は 3 元合金ハンダをハンダペースト 10 もしくはハンダボール 9 の形態で供給し、加熱溶融することで錫とハンダ合金化層 8 および錫と接着層 5 の各々 2 つの金属間化合物を複合したハンダ合金層 6 を形成することを特徴としている。

【 0 0 2 4 】

このように、予め接着層 5 の上部に設けたハンダ合金化層 8 を薄く設けることで、得られるハンダバンプの構造は、錫を主成分とした 2 元又は 3 元合金ハンダと、ハンダ中の錫とハンダ合金化層 8 が反応した第 1 の金属間化合物と、ハンダ中の錫と接着層 5 が反応した第 2 の金属間化合物とが複合してなる複合ハンダ合金層 6 にて接合界面を構成する。

【 0 0 2 5 】

そして、この第 1 および第 2 の金属間化合物が複合した複合ハンダ合金層 6 は、ハンダ溶融の際に、薄いハンダ合金化層がすべて第 1 の金属間化合物層となり、第 2 の金属間化合物とほぼ同時に形成されるため、第 1 の金属間化合物は、第 2 の金属間化合物を成長させる拡散経路を遮断するという役目を果たす。

【 0 0 2 6 】

従って、通常であれば拡散により成長するハンダ中の錫と接着層との金属間化合物層は、第 1 の金属間化合物が結晶粒界等の拡散経路に配置されることで成長が抑制され、組立中での繰り返しの加熱履歴や、実装後の使用環境下による温度変化に対して経時変化が少ない信頼性の高い接合界面を得られるという効果を奏する。

【 0 0 2 7 】

【発明の実施の形態】

上記した本発明の目的、特徴および利点を明確にすべく、図 1 乃至図 3 を参照しながら、本発明の一実施の形態について以下に詳述する。図 1 は、本発明の一実施形態に係る半導体装置の bumps 構造を示す断面図である。また、図 2 及び図 3 は、ハンダ bumps を形成する前の電極構造を示す断面図であり、図 2 はハンダをハンダボールとして供給する場合を示し、図 3 はハンダペーストとして供給する場合を示している。

【 0 0 2 8 】

図 2 に示すように、半導体チップ 1 の配線 2 上には、配線 2 を構成する金属との密着を得る密着層 4 と、ハンダと反応し合金化する接着層 5 と、ハンダと合金化する接着層 5 とは異なる金属により薄く形成されたハンダ合金化層 8 とにより電極が形成され、この電極上に錫を主成分とし、鉛を含まない 2 元又は 3 元合金のハンダボール 9 が供給される。

【 0 0 2 9 】

この状態でハンダボール 9 を加熱溶融すると、ハンダ合金化層 8 はすべてハンダ中の錫と反応し、一旦、錫中へ固溶する。それと同時にハンダ中の錫は接着層 5 を固溶する。ハンダ中の錫への固溶する総量は溶融する温度により決定されるため、この状態で冷却を開始すると接合界面に金属間化合物層を形成するが、本実施形態の場合、錫中へ固溶しているハンダ合金化層 8 を構成する金属と接着層を構成する金属の両方が同時に接合界面で金属間化合物を析出するため、金属間化合物の複合層である複合ハンダ合金層 6 が形成される。

【 0 0 3 0 】

ここで重要なことは、ハンダ合金化層 8 は、錫系 2 元又は 3 元合金ハンダボール 9 の錫に対して溶解しうるだけの量であり、且つ、冷却時に析出するように考慮してその膜厚を決定する必要がある、溶解する量が少ない場合には、冷却時に析出せずに錫中へ固溶したままハンダ bumps 7 が凝固するため、このような金属間化合物の複合層は形成されない。

【 0 0 3 1 】

図 1 は、このようにして得られたハンダ bumps 7 の断面図を示しているが、一旦、金属間化合物の複合層として複合ハンダ合金層 6 が形成されると、金属間化

合物の融点は高いため、組立時にかかるハンダ溶融温度以上の熱履歴においても接合界面での接着層 5 の溶解現象が起きることなく、さらに溶融温度以下の熱履歴による拡散現象も、金属間化合物の複合層が結晶粒界に配置されるため抑制されるという効果を奏する。

【0032】

より具体的に説明するために、鉛フリーハンダバンプとして、錫系 2 元合金ハンダボール 9 に 96.5 重量%錫/3.5 重量%銀の共晶ハンダを使用する場合の代表的な金属組成を用いて説明する。

【0033】

半導体チップ 1 の配線 2 は、通常のアリミニウムもしくはアリミニウム合金で形成されている。密着層 4 はチタン、チタン/タングステン合金等、接着層 5 はニッケル/バナジウム合金等、ハンダ合金化層 8 は銅等を順次スパッタリングにより形成し、電極が形成される。ここで、ハンダ合金化層 8 である銅の膜厚は、ハンダボール 9 中に含まれる錫の比率に対し、溶解時にすべて固溶し、且つ冷却凝固時に金属間化合物として界面に析出することができる量、すなわち過飽和な量が望ましい。但し、銅の供給量が過剰になりすぎると、形成されたハンダバンプ 7 の表面が凹凸の激しい不均一な形状になることや、溶融時のぬれ性が悪化し、ボイドが発生する恐れがあるため注意を要する。

【0034】

なお、密着層 4 にはチタン、チタン/タングステン合金を用いているが、クロム、クロム/銅合金でも良く、接着層 5 にはニッケル/バナジウム合金を用いているが、ニッケル、銅もしくは銅合金を使用しても良い。また、本発明の特徴の一つであるハンダ合金化層 8 は銅を使用しているが、接着層 5 とは異なる材料であり、且つハンダ中の錫と金属間化合物を形成する金属であればよい。

【0035】

さらに、本実施形態では、接着層 5、ハンダ合金化層 8 とともにスパッタリングにより形成されているが、電解メッキもしくは無電解メッキを使用して形成しても良い。また、ハンダ合金化層 8 は、銅などの表面酸化が進みやすい材料を使用するため、酸化を防止してハンダぬれ性を向上させる目的で、ハンダ合金化層 8

の上に極めて薄い金、もしくは酸化を防止してハンダぬれ性を促進させる層を設けても良い。

【 0 0 3 6 】

加えて、ここではハンダとして錫系の2元合金を用いた例を示しているが、ハンダに微量の銅を添加した3元合金ハンダを用いても良く、また、その他の多元系合金ハンダでも良い。

【 0 0 3 7 】

【実施例】

上記した本発明の実施の形態についてさらに詳細に説明すべく、本発明の実施例について図面を参照して具体的に説明する。

【 0 0 3 8 】

【実施例1】

本発明の半導体装置の製造方法について図2を参照して説明すると、まず、半導体チップ1上に形成されたアルミニウム合金の配線2上に、密着層4としてチタンおよびチタン／タングステン合金を順次スパッタリングする。この上に、接着層5としてニッケル／バナジウム合金を1～5 μ m程度の厚さでスパッタリングにより形成し、さらにハンダ合金化層8として、銅をスパッタリングより形成する。このときの銅の膜厚としては、順次スパッタリングにより形成された電極の直径が略120 μ mで、錫と銀の共晶合金からなるハンダボールの直径が略150 μ mである場合、略0.8 μ mが最も適する。

【 0 0 3 9 】

こうして形成された電極に錫96.5重量％／銀3.5重量％の共晶ハンダボール9をフラックスとともに供給し、共晶ハンダボールの融点である221℃以上の温度で加熱し、ハンダボール9を溶解する。ハンダボール9はハンダ合金化層8の銅を一旦すべて溶解し、冷却とともにハンダは半球形状となり、界面にニッケル／錫の金属間化合物および、銅／錫の金属間化合物の複合したハンダ合金層6を形成し、接合を完了する。

【 0 0 4 0 】

こうして形成されたハンダバンプの断面を分析すると、図1に示すように、界

面には上述のニッケル／錫の金属間化合物および、銅／錫の金属間化合物の複合した複合ハンダ合金層 6 を形成しており、ハンダ中には銅がほとんどの存在しないことを確認している。

【0041】

このハンダバンプ 7 は、界面に形成したニッケル／錫の金属間化合物および、銅／錫の金属間化合物の複合した複合ハンダ合金層 6 の存在より、この後にハンダ溶融温度以上に加熱履歴を加えても、接着層 5 であるニッケルの溶解や拡散によって著しく信頼性を低下させる反応層の形成を抑制するという効果を示す。

【0042】

この効果と、複合ハンダ合金層 6 の存在形態について説明する。これら複合ハンダ合金層 6 は、ニッケル／錫の金属間化合物層及び銅／錫の金属間化合物が、各々その粒界に対して互いに拡散経路を遮断するように存在する形態により拡散が抑制される場合と、もう一つの形態として、ニッケルと銅の固溶体に対して錫が金属間化合物を形成し、3 元系の金属間化合物として存在する場合があります、この 3 元系の金属間化合物として存在する場合においても、拡散するための経路が複合して存在するニッケル、銅により遮断されるため相互拡散が抑制される。

【0043】

ここで、ハンダ合金化層 8 は略 0.8 μm が最適としたが、その効果は膜厚 0.6 μm から 1.2 μm の間においても十分に発揮される。また、密着層 4、接着層 5 の膜厚は、半導体装置の製造上の都合により適宜変更されても問題ない。

【0044】

〔実施例 2〕

次に、本発明の第 2 の実施例について説明する。本実施例の半導体装置は、前記した第 1 の実施例と同様に、半導体チップ 1 上に形成されたアルミニウム合金の配線 2 上に、密着層 4 としてチタンおよびチタン／タングステン合金を順次スパッタリングし、この上に接着層 5 としてニッケル／バナジウム合金を 1～5 μm 程度の厚さにスパッタリングにより形成し、さらにハンダ合金化層 8 として銅をスパッタリングより形成して電極が形成される。このときの銅の膜厚としては、順次スパッタリングにより形成された電極の直径が略 120 μm で、錫と銀の

共晶合金からなるハンダボール 9 の直径が略 $150\text{ }\mu\text{m}$ である場合、略 $0.8\text{ }\mu\text{m}$ が最も適する。

【 0 0 4 5 】

ここで、本実施例では、この銅のハンダ合金化層 8 上に、更に錫を厚さ $0.5\sim 1.0\text{ }\mu\text{m}$ 供給し、 220°C 以上に加熱することにより銅と錫の金属間化合物およびニッケルと錫の金属間化合物の複合した複合ハンダ合金層 6 を予め形成することを特徴とし、この後に所定のハンダを供給してバンプを形成しても前記した第 1 の実施例と同様の効果をもたらすことが可能である。

【 0 0 4 6 】

〔実施例 3〕

次に、本発明の第 3 の実施例について、図 4 を参照して説明する。図 4 は、本発明の構造を適用した半導体装置の構造を示す断面図である。

【 0 0 4 7 】

図 4 に示すように、フリップチップタイプの半導体装置は、半導体チップ 1 上に形成されたアルミニウム合金の配線 2 上に密着層 4 としてチタンおよびチタン／タンゲステン合金を順次スパッタリングする。この上に接着層 5 としてニッケル／バナジウム合金を $1\sim 5\text{ }\mu\text{m}$ 程度の厚さにスパッタリングにより形成し、さらにハンダ合金化層 8 として銅をスパッタリングより形成する。このときの銅の膜厚としては順次スパッタリングにより形成された電極の直径が略 $120\text{ }\mu\text{m}$ で、錫と銀の共晶合金からなるハンダボール 9 の直径が略 $150\text{ }\mu\text{m}$ である場合、略 $0.8\text{ }\mu\text{m}$ が最も適する。

【 0 0 4 8 】

こうして形成された電極に錫 96.5 重量％／銀 3.5 重量％の共晶ハンダボール 9 をフラックスとともに供給し、共晶ハンダボールの融点である 221°C 以上の温度で加熱し、ハンダボール 9 を溶解する。ハンダボール 9 はハンダ合金化層 8 の銅を一旦すべて溶解し、冷却とともにハンダは半球形状となり、界面にニッケル／錫の金属間化合物および、銅／錫の金属間化合物の複合したハンダ合金層 6 を形成し、ハンダバンプ 7 となる。

【 0 0 4 9 】

一方、予めハンダバンプ7と同組成のハンダを供給した電極を持つ基板12を用意し、この基板12の電極に半導体チップ1を位置合せし、加熱溶融して接合する。接合後には機械的強度および耐湿性を向上させるため、ハンダバンプ7の間隙を封止樹脂14により充填する。その後、さらに半導体チップ1のハンダバンプ7と同じ組成のハンダをBGA外部端子13として加熱溶融させて取り付け

【0050】

ここで、最初に取り付けられている半導体チップ1のハンダバンプ7は、本製造プロセスにおいて融点以上の加熱を繰り返し受けているが、本発明のハンダバンプ7では、加熱による接着層の溶解、拡散を抑制することができるため、歩留まり良く、信頼性の高い半導体装置を提供することができる。

【0051】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明は、錫の溶解、拡散を防止するためのハンダ合金化層を薄く形成し、合金ハンダをハンダペーストもしくはハンダボールの形態で供給し、加熱溶融することにより、ハンダを構成する金属とハンダ合金化層およびハンダを構成する金属と接着層の各々2つの複合した金属間化合物となるハンダ合金層を形成することを特徴とするものであり、予め接着層の上部に設けたハンダ合金化層を薄く設けることにより、得られるハンダバンプの構造は、合金ハンダと、ハンダを構成する金属とハンダ合金化層が反応した第1の金属間化合物と、ハンダを構成する金属と接着層が反応した第2の金属間化合物とが複合してなる金属間化合物層にて接合界面が形成され、この第1および第2の金属間化合物が複合した金属間化合物層は、第1の金属間化合物が薄いハンダ合金化層がすべて金属間化合物層となり、第2の金属間化合物とほぼ同時に形成される。

【0052】

従って、第1の金属間化合物は、第2の金属間化合物を成長させる拡散経路を遮断するという役目を果たし、通常であれば拡散により成長するハンダ中の錫と接着層との金属間化合物層は、第1の金属間化合物が結晶粒界等の拡散経路に配置されることで成長が抑制され、組立中での繰り返しの加熱履歴や、実装後の使

用環境下による温度変化に対して経時変化少ない信頼性の高い接合界面を得ることができ、従来の錫系 2 元合金を使用した低コストに形成できるハンダバンプ構造を有する半導体装置を提供することができる。

【 0 0 5 3 】

なお、本発明は上記各実施例に限定されず、本発明の技術思想の範囲内において、各実施例は適宜変更され得ることは明らかである。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施の形態に係る半導体装置の構造を示す断面図である。

【図 2】

本発明の一実施の形態に係るハンダバンプ形成前の半導体装置の構造を示す断面図である。

【図 3】

本発明の一実施の形態に係るハンダバンプ形成前の半導体装置の構造を示す断面図である。

【図 4】

本発明の第 3 の実施例に係る半導体装置の構造を示す断面図である。

【図 5】

従来の技術を示す断面図である。

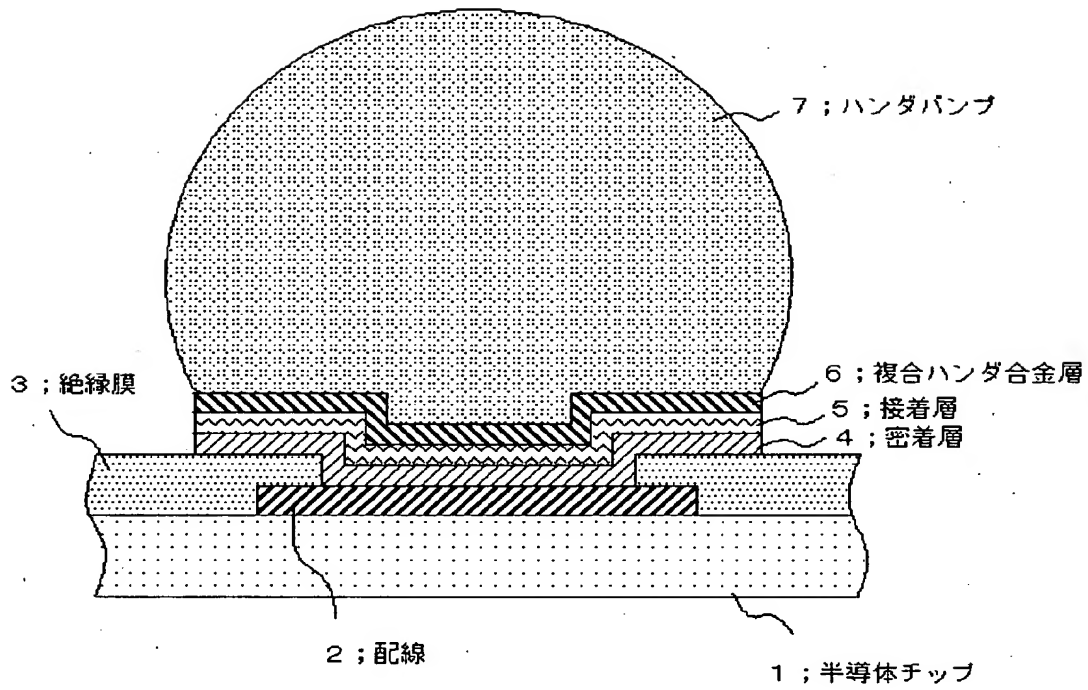
【符号の説明】

- 1 半導体チップ
- 2 配線
- 3 絶縁膜
- 4 密着層
- 5 接着層
- 6 複合ハンダ合金層
- 7 ハンダバンプ
- 7 a 錫系多元合金ハンダバンプ
- 8 ハンダ合金化層

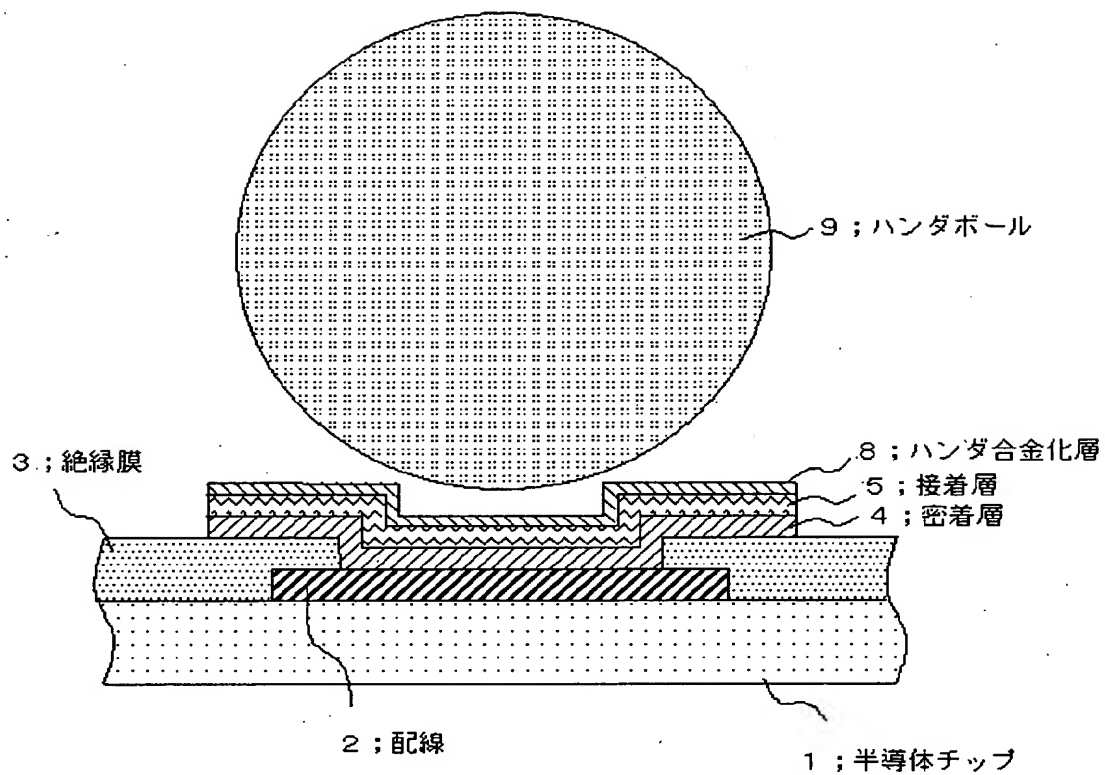
- 9 ハンダボール
- 1 0 ハンダペースト
- 1 1 金属間化合物層
- 1 2 基板
- 1 3 B G A外部端子
- 1 4 封止樹脂

【書類名】 図面

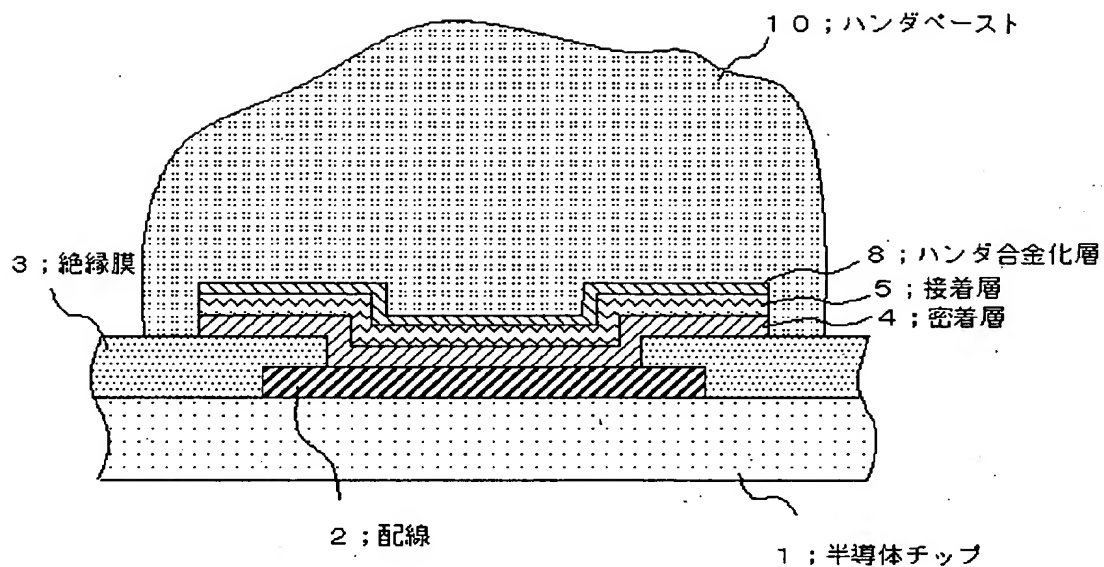
【図1】



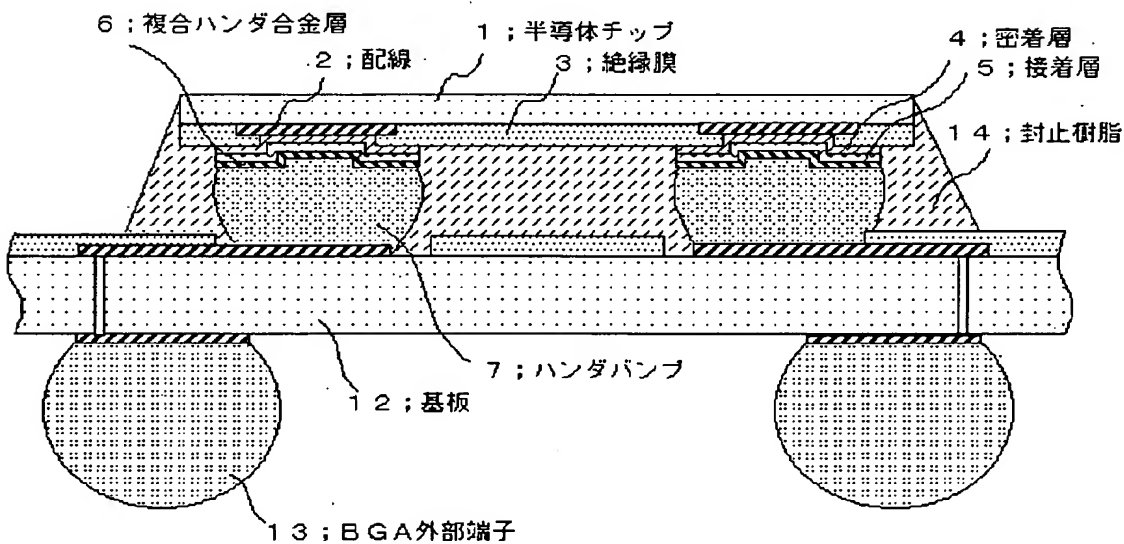
【図 2】



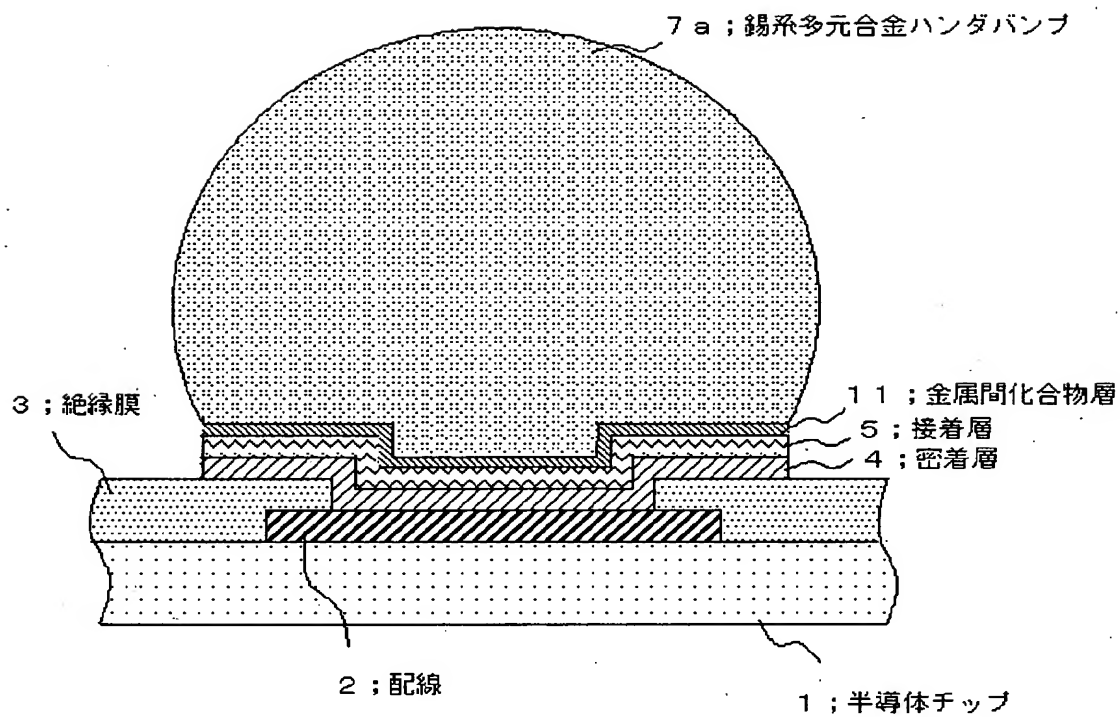
【図3】



【図4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

多元系の金属組成によって構成されたハンダを使用することなく、従来使用している２元系のハンダを使用した場合であっても、接合部の界面反応を制御することができる信頼性の高い半導体チップの電極構造、該電極構造を有する信頼性の高い半導体装置及びその製造方法の提供。

【解決手段】

接着層５上に、鉛フリーハンダとして主に使用される錫を主成分としたハンダに対して錫の溶解、拡散を防止するためのハンダ合金化層８を薄く形成し、錫系ハンダをハンダペーストもしくはハンダボールの形態で供給し、加熱溶融することにより、錫とハンダ合金化層８および錫と接着層５の各々２つの複合した金属間化合物となる複合ハンダ合金層６を形成する。

【選択図】

図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004237]

| | |
|----------|---------------|
| 1. 変更年月日 | 1990年 8月29日 |
| [変更理由] | 新規登録 |
| 住 所 | 東京都港区芝五丁目7番1号 |
| 氏 名 | 日本電気株式会社 |